

Изучение магнитных, оптических и магнитооптических свойств наночастиц Fe₃O₄, полученных методом лазерной абляции

Солодова Олеся Валерьевна

Сибирский федеральный университет

Соколов Алексей Эдуардович, к.ф.-м.н.

Solol1995@mail.ru

Использование магнитных наночастиц находит широкое применение в решении медицинских задач таргетной терапии из-за их относительной биосовместимости, уникальных физико-химических свойств и малых размеров (< 1 мкм), сравнимых с размерами вирусов (20-450 нм), белков (5-50 нм) и других биообъектов [1].

В медицине особый интерес представляют наночастицы магнетита. Основные области их применения, в зависимости от размеров и магнитного состояния, это адресная доставка лекарств, улучшение визуализация при магнитной резонансной томографии и магнитные сепарация и гипертермия, при последней магнитная наночастица поглощает внешнюю электромагнитную энергию и передаёт её в виде тепла, оказывая при этом разрушающее воздействие на раковую клетку [2]. Использование наночастиц при введении внутрь живого организма накладывает серьёзные ограничения на материал, из которого они изготовлены, а так же предполагает использование поверхностного покрытия, предотвращающего агрегацию наночастиц в коллоидном растворе. При наличии покрытия анализировать размеры оригинальных наночастиц при помощи электронной микроскопии становится значительно труднее. Кроме того, физические свойства наночастиц существенно зависят от метода их получения. Поэтому свойства наночастиц полученных различными методиками нуждаются в доскональном изучении и паспортизации.

Одним из методов паспортизации частиц являются магнитометрические методы. Однако, измерения магнитных свойств наночастиц на магнитометре затруднены из-за малости их концентрации в коллоидном растворе, вследствие этого магнитные свойства наночастиц определялись по косвенной методике с помощью магнитного кругового дихроизма (МКД), который пропорционален полному магнитному моменту частиц.

Целью данной работы является исследование магнитных, оптических и магнитооптических свойств наночастиц Fe₃O₄ с различным полимерным покрытием полученных методом лазерной абляции.

Объектами данного исследования являются три образца наночастиц Fe₃O₄ с различным полимерным покрытием полученные методом лазерной абляции [3]. Этот метод подразумевает собой разрушение твердого вещества при взаимодействии с мощным импульсным лазерным излучением ($\lambda=1064$ нм), в результате чего (в случае заполнения жидкостью) образуется коллоидный раствор наночастиц этого твёрдого вещества.

В данной работе снимки ПЭМ, получены на ТЕМ HF-3300, спектры поглощения снимались на спектрофотометре Shimadzu UV-3600, спектральная и полевая зависимость МКД снимались на установке для спектрополяризметрических исследований, изготовленной в институте физики им. Л.В. Киренского на базе монохроматора МДР-2.

По снимкам ПЭМ определялись линейные размеры наночастиц и их дисперсия, определены наиболее распространённые размеры наночастиц каждого раствора (r'), максимальное (r_{\max}) и минимальное (r_{\min}) значения. Полученные характеристики каждого образца представлены в таблице ниже.

№	Концентрация, г/л	V, мл	Растворитель	r' , нм	r_{\max} , нм	r_{\min} , нм
Образец 1	0.2	50	H ₂ O+ПВП (MW=35000) 0,5 мас. %	20 – 25	46,7±0.3	11,0±0.3
Образец 2	0.134	50	H ₂ O+ПЭГ (MW=35000) 0,5 мас. %	35-40	61,1±0.3	20,5±0.3
Образец 3	0.18	50	H ₂ O	35-40	72,0±0.3	22,8±0.3

Из таблицы видно, что метод лазерной абляции позволяет получать коллоидные растворы наночастиц магнетита с довольно широким распределением по размерам. Стабилизация поверхности наночастиц ПВП приводит к образованию наночастиц меньшего размера по сравнению с другими образцами

На *рис.1* представлены спектры оптического поглощения, исходя из которых, можно сделать вывод о том что, что образец 1 менее прозрачен, чем образцы 2 и 3, то есть использование ПВП приводит к увеличению оптической плотности коллоидных растворов, что может отрицательно влиять на возможность использования данных наночастиц в совокупности с оптическими методами.

На *рис.2* представлены графики МКД для всех трех образцов, при этом видно, что все спектры имеют в общем одинаковую и достаточно сложную структуру, обусловленную межзонными электронными переходами в ионе железа. Спектры образцов 2 и 3 равны по интенсивности, но характеризуются различным перераспределением интенсивностей между пиками, что указывает на влияние покрытия наночастиц магнетита полиэтиленгликолем на вероятность переходов из возбужденного состояния.

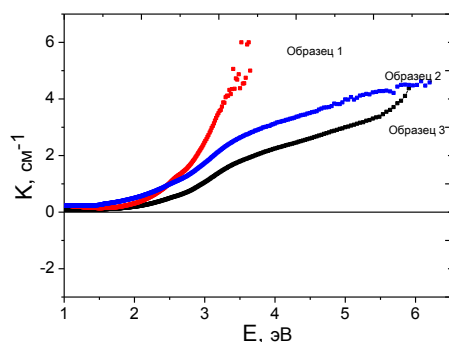


рис.1 Графики поглощения образцов

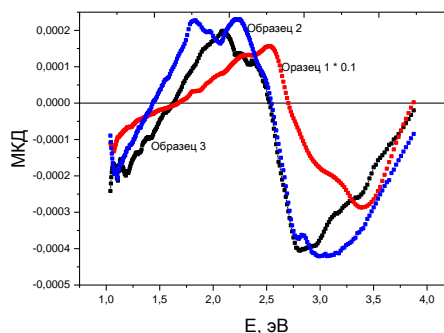


рис.2 Графики МКД

Спектр МКД образца магнетита покрытого ПВП (образец 1) отличается от рассмотренных выше на порядок и при этом наблюдается сдвиг всех пиков в высокоэнергетическую область примерно на 0,25 эВ. Такой сдвиг может быть обусловлен значительным изменением кристаллического поля наночастицы за счет связывания ее с полимером.

Графики МКД и полученные графики намагниченности говорят о суперпарамагнитном и возможных ферро – и ферри – магнитных вкладах наночастиц различных размеров в коллоидных растворах, что теоретически допускает их использование в адресной доставке и магнитно - жидкостной гипертермии, однако возможность медицинского применения, так же как и влияние полимерного покрытия на свойства частиц, требуют дополнительного физико-биологического исследования.

Список публикаций:

- [1] А.Г.Першина, А.Э. Сазонов, В.Д.Филимонов. «Взаимодействие магнитных наночастиц и молекул ДНК: создание нанобиогибридных структур и их использование. – Успехи химии 83(4) с 299 – 332 – 2014 г.
- [2] Никифоров В.Н. Биомедицинское применение магнитных наночастиц/ В.Н. Никифоров//Наука в промышленности. – 2011. - №1. – С.90 – 99.
- [3] Светличный В.А. Установка для синтеза наночастиц методом лазерной абляции/ В.А.Светличный, А.А.Смуглов, И.Н.Лапин// Материалы IX международной конференции студентов и молодых учёных «Перспективы развития фундаментальных наук». – С.221-223.

Динамика и трансформация структуры связанных магнитных вихрей в трехслойных наностолбиках при воздействии магнитного поля и поляризованного тока

Степанов Станислав Викторович

Ганеев Артур Адикович, Екомасов Андрей Евгеньевич

Башкирский государственный университет

Екомасов Евгений Григорьевич, д.ф.-м.н.

hancok2008@rambler.ru

Одной из актуальных физических проблем является разработка нового поколения высокоскоростных и эргономичных электронных устройств. Явление переключения и возбуждения осцилляций намагниченности в магнитных наноструктурах, с помощью тока достаточно большой плотности, поляризованного по спину [1], позволит увеличить скорости жестких дисков и устройств магнитной памяти до терагерцового уровня. Частоты, возбуждаемых с помощью переноса спинового момента, осцилляций намагниченности в магнитных наноструктурах, могут быть перенастраиваемы, с помощью приложения внешних магнитных полей и токов, и используются для создания перспективных радиотехнических приложений. В настоящее время большой интерес привлекает спин-трансферный наногенератор (СТНГ) СВЧ, который отличается значительной выходной мощностью, небольшой шириной и относительно большим спектром частот, даже без приложения внешнего магнитного поля. Большинство таких структур имеет два магнитных слоя, разделенных немагнитной прослойкой.

В работе исследуется СТНГ, состоящий из трёх слоёв (пермалловый (Рy) 4 нм/Cu - 10 нм/Рy -15 нм) кругового сечения диаметром 400, 200 и 120 нм. Намагниченности обоих магнитных слоев находятся в вихревом состоянии. Рассматривается случай, когда два магнитных слоя взаимодействуют через поля размагничивания и спин-поляризованный ток и, при этом, система находится во внешнем магнитном поле, перпендикулярном плоскости слоев. С помощью программного пакета SpinPM проведено численное моделирование связанной вихревой динамики. В частности, были изучены процессы динамической